



REC'D 03 APR 2000

WIPO PCT

# BREVET D'INVENTION

**CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION****COPIE OFFICIELLE****PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le **21 MARS 2000**Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Planche', is written over a horizontal line.

**Martine PLANCHE****INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE****SIEGE**26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS Cédex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04  
Télécopie : 01 42 55 55 30



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

Confirmation d'un dépôt par télécopie ☐

Cet imprimé est à remplir à l'encre noire en lettres capitales

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

Réservé à l'INPI DATE DE REMISE DES PIÈCES <b>24.03.1999</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL <b>99 03669</b> DÉPARTEMENT DE DÉPÔT <b>75</b> DATE DE DÉPÔT <b>24 MARS 1999</b>		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE <b>Cabinet Hirsch Desrousseaux Pochart</b> <b>34 Rue de Bassano</b> <b>75008 PARIS</b>	
2 DEMANDE Nature du titre de propriété industrielle <input checked="" type="checkbox"/> brevet d'invention <input type="checkbox"/> demande divisionnaire <input type="checkbox"/> certificat d'utilité <input type="checkbox"/> transformation d'une demande de brevet européen <input type="checkbox"/> demande initiale <input type="checkbox"/> brevet d'invention Établissement du rapport de recherche <input type="checkbox"/> différé <input checked="" type="checkbox"/> immédiat Le demandeur, personne physique, requiert le paiement échelonné de la redevance <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non Titre de l'invention (200 caractères maximum) <b>PROCEDE DE COPOLYMERISATION ET COPOLYMERES AINSI OBTENUS</b>		n° du pouvoir permanent <b>16430 ATO 92</b> références du correspondant <b>16430 ATO 92</b> téléphone <input type="checkbox"/> certificat d'utilité n° <b>16430 ATO 92</b> date	
3 DEMANDEUR (S) n° SIREN Nom et prénoms (souligner le nom patronymique) ou dénomination <b>ELF ATOCHEM S.A.</b>		code APE-NAF Forme juridique	
Nationalité (s) <b>FRANCAISE</b> Adresse (s) complète (s) <b>4 et 8 cours Michelet</b> <b>La Défense 10</b> <b>92800 PUTEAUX</b>		Pays <b>FRANCE</b>	
4 INVENTEUR (S) Les inventeurs sont les demandeurs <input type="checkbox"/> oui <input checked="" type="checkbox"/> non Si la réponse est non, fournir une désignation séparée			
5 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES <input type="checkbox"/> requise pour la 1ère fois <input type="checkbox"/> requise antérieurement au dépôt ; joindre copie de la décision d'admission			
6 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE pays d'origine <b>FRANCE</b> numéro <b>99 03669</b> date de dépôt <b>24 MARS 1999</b> nature de la demande			
7 DIVISIONS antérieures à la présente demande n° <b>99 03669</b> date <b>24 MARS 1999</b> n° <b>99 03669</b> date <b>24 MARS 1999</b>			
8 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (nom et qualité du signataire) <b>Pochart</b> <b>94-0904</b>		SIGNATURE DU PRÉPOSÉ À LA RÉCEPTION <b>AD.</b> SIGNATURE APRÈS ENREGISTREMENT DE LA DEMANDE À L'INPI	

DÉSIGNATION DE L'INVENTEUR

(si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

DEPARTEMENT DES BREVETS

26bis, rue de Saint-Petersbourg

75800 Paris Cédex 08

Tél. : 01 53 04 53 04 - Télécopie : 01 42 93 59 30

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

9503669

TITRE DE L'INVENTION :

**PROCÉDE DE COPOLYMERISATION ET COPOLYMERES AINSI OBTENUS**

LE(S) SOUSSIGNÉ(S)

**CABINET HIRSCH DESROUSSEAU POCHART**  
d'ordre et pour compte de

**ELF ATOCHEM S.A.**  
4 & 8 cours Michelet  
La Défense 10  
92800 PUTEAUX

DÉSIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) (indiquer nom, prénoms, adresse et souligner le nom patronymique) :

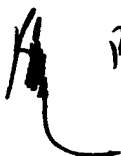
**DESURMONT** Guillaume  
7, rue Lafargue  
59100 ROUBAIX - FRANCE

**YASUDA** Hajime  
531 - 401, lida  
Hachihunmatsucho  
Higashihiroshima - shi  
Hiroshima - Ken - JAPON

**MALINGE** Jean  
Maison Lasserre  
64300 LOUBIENG - FRANCE

NOTA : A titre exceptionnel, le nom de l'inventeur peut être suivi de celui de la société à laquelle il appartient (société d'appartenance) lorsque celle-ci est différente de la société déposante ou titulaire.

Date et signature (s) du (des) demandeur (s) ou du mandataire

 Pochart  
94-0904

5

PROCEDE DE COPOLYMERISATION ET  
COPOLYMERES AINSI OBTENUS

La présente invention a pour objet un nouveau procédé  
10 de préparation de copolymères blocs, ainsi que certains de  
ces copolymères blocs.

Les copolymères blocs sont généralement connus.  
Cependant, il est aussi connu qu'il est difficile de  
préparer des copolymères blocs dont l'un des blocs est une  
15 polyoléfine (PO), surtout si on souhaite que l'alpha-  
oléfine soit insérée de façon régulière pour conduire à un  
copolymère stéréo- et/ou régiorégulier. Il est aussi connu  
qu'il est (quasi)impossible de préparer des copolymères  
blocs dont les deux blocs sont des polyoléfines, qu'elles  
20 soient cristallines ou amorphes

Yamahiro et al, Macromol. Chem. Phys, 200, 134-141  
(1999), décrit un procédé de stopped-flow polymerization,  
afin d'obtenir des copolymère PP/EP blocs "vrais".  
Cependant, les copolymères produits sont limités en terme  
25 de masse moléculaire, puisqu'ils présentent un poids  
moléculaire  $M_n$  inférieur ou égal à 16000 et un indice de  
polydispersité compris entre 3.0 et 3.3. D'autres  
caractéristiques de masse moléculaire sont exclues par ce  
type de technique: notamment des masses moléculaires plus  
30 élevées ne peuvent pas être atteintes, car elles sont  
fonction du temps de polymérisation qui ne peut qu'être  
court (de l'ordre de 0,1 à 0,2 s) et en tous cas inférieur  
au temps de croissance d'une chaîne; notamment aussi des  
indices de polydispersité plus faibles ne peuvent pas être  
35 atteints, car la stopped-flow polymerization n'est pas une  
vraie polymérisation avec des espèces vivantes mais  
comprend beaucoup de réactions de transfert.

Ainsi, il n'existe pas à ce jour de copolymère vrai PP/EP, avec un bloc PP et un bloc EP liés ensemble, qui présente une masse moléculaire suffisante. Ce copolymère PP/EP est un copolymère PO cristalline/PO amorphe, qui  
5 trouverait une application intéressante dans des mélanges de polymères PP/EP. Dans ces mélanges, le PP cristallin forme la phase continue, qui est modifiée par l'adjonction de copolymère EP (plus spécifiquement EPR, qui est élastomère) qui forme une phase dispersée sous forme de  
10 nodules. Un copolymère vrai ajouté à ce mélange jouerait un rôle similaire à celui joué par un émulsifiant dans les émulsions, en améliorant la compatibilité des phases et finalement améliorerait le compromis choc/rigidité.

Ce même problème de difficulté de préparation de  
15 copolymères blocs "vrais" apparaît avec des copolymères dont l'un des blocs est un bloc d'un monomère polaire, comme le MMA.

La demande de brevet EP-A-0634429 au nom de Mitsui décrit la préparation de copolymères blocs, un bloc étant  
20 une polyoléfine et un bloc étant dérivé de monomère vinyl, vinylidène ou lactone. Le catalyseur utilisé est un complexe alkyl d'un métal du groupe des terres rares, avec des cycles cyclopentadiènes pontés (par un groupe diméthylsilylene). Ce document décrit en particulier le  
25 catalyseur  $\text{Me}_2\text{Si}(2\text{-Me}_3\text{Si}, 4\text{-tBuCp})_2\text{YCH}(\text{SiMe}_3)_2$ , avec éventuellement un donneur type THF complexé au métal. Les copolymères obtenus ne sont cependant pas satisfaisants, car la partie polyoléfine représente une partie trop faible du copolymère final. De plus, si les valeurs de  
30 polydispersité apparaissent comme acceptables, c'est uniquement parce que ces valeurs sont dérivés de la partie PMMA représentant la quasi-totalité du copolymère. De plus, les catalyseurs ne fournissent pas, en fait, de vrais copolymères. En effet, les réactions de transfert (à savoir  
35 les réactions qui mettent fin au caractère vivant de la polymérisation) importantes conduisent à la formation non de copolymères vrais mais de mélange d'homopolymères et de

copolymères. De plus, les temps de réaction sont assez longs.

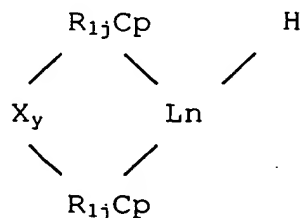
L'article de Yasuda et al., Tetrahedron, Vol.51, No.15, pp.4563-4570, 1995, décrit des dérivés hydrures de lanthanides, sous forme de complexe avec des cycles cyclopentadiènes pontés (par un groupe diméthylsilylene), ces cycles cyclopentadiènes portant des substituants présentant un encombrement stérique important ("bulky substituent"). Ce document décrit en particulier le catalyseur hydrure  $\text{Me}_2\text{Si}(2\text{-Me}_3\text{Si}, 4\text{-Me}_2\text{tBuSiCp})_2\text{YH}$  (représenté sous sa forme dimère). Ces composés sont obtenus in situ par hydrogénéolyse du dérivé alkyl de départ, puis ils sont utilisés pour la polymérisation d'alpha-oléfines. Bien que de tels composés soient décrits comme présentant une activité de polymérisation des alpha-oléfines, supérieure aux dérivés alkyl dont ils dérivent, les temps de polymérisation sont encore très longs, de l'ordre de la demi-journée ou de la journée.

Ces catalyseurs hydrures présentent aussi l'inconvénient classique des hydrures, à savoir les dérivés hydrures sont connus pour être instables et se décomposer rapidement à température élevée.

On recherche donc un procédé efficace de préparation de copolymères blocs, notamment d'une part de copolymères dont l'un des blocs comprend une partie polaire et d'autre part de copolymères dont les deux blocs sont des polyoléfines.

Ainsi, l'invention offre un procédé de préparation de copolymères blocs comprenant les étapes de polymérisation d'un premier monomère à l'aide d'un catalyseur organolanthanide dans lequel ledit catalyseur est sous la forme d'un complexe hydrure d'un métal trivalent du groupe des terres rares, puis polymérisation d'au moins un second monomère.

Selon un mode de réalisation, le complexe hydrure d'un métal trivalent du groupe des terres rares présente la formule I:



5

dans laquelle:

Cp est un radical cyclopentadiényle;

10 chaque  $R_1$ , identique ou différent, est un substituant du groupe cyclopentadiényle et est un radical alkyl ou un radical hydrocarboné contenant du silicium, contenant de 1 à 20 atomes de carbone, éventuellement formant avec le cycle Cp auquel il est lié un cycle

15 indényle ou fluorényle, chaque  $R_1$  pouvant éventuellement être substitué;

chaque  $j$ , identique ou différent, est un entier de 1 à 5 inclus;

20 X est un radical divalent alkylène ou un radical divalent hydrocarboné contenant du silicium, contenant de 1 à 20 atomes de carbone, contenant éventuellement d'autres hétéroatomes tels que de l'oxygène;

y vaut 1 ou 2;

25 Ln est un métal trivalent du groupe des terres rares choisi parmi Y, Sc, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb et Lu.

Selon un mode de réalisation, dans la formule I, X est  $Si(R)_2$  où R est un radical alkyl ayant de 1 à 4 atomes de carbone.

30 Selon un mode de réalisation, dans la formule I,  $R_1$  est un radical alkyl ou un radical hydrocarboné contenant du silicium, contenant de 1 à 6 atomes de carbone, non substitué, et  $j$  vaut 1, 2 ou 3.

35 Selon un mode de réalisation, dans la formule I,  $R_{1j}Cp$  est le groupe 2-Me<sub>3</sub>Si, 4-Me<sub>2</sub>tBuSiCp, ou le groupe 2-Me<sub>3</sub>Si, 4-tBuCp.



Selon un mode de réalisation, dans la formule I, Ln est Y ou Sm.

Selon un mode de réalisation, le catalyseur est  $\text{Me}_2\text{Si}(2\text{-Me}_3\text{Si}, 4\text{-Me}_2\text{tBuSiCp})_2\text{YH}$  ou  $\text{Me}_2\text{Si}(2\text{-Me}_3\text{Si}, 4\text{-tBuCp})_2\text{SmH}$ .

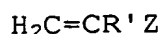
5 Selon un mode de réalisation, le catalyseur est racémique.

Selon un mode de réalisation, le catalyseur est généré in situ en présence d'au moins une partie du premier monomère.

10 Selon un mode de réalisation, les blocs sont des homopolymères ou des copolymères statistiques.

Selon un mode de réalisation, le copolymère blocs comprend un bloc du premier monomère qui est une alpha-oléfine et un bloc du second monomère qui est un composé  
15 vinyl, vinylidène ou lactone.

Selon ce mode de réalisation, le composé vinyl ou vinylidène est représenté par la formule



dans laquelle R' est l'hydrogène ou un radical alkyle  
20 ayant de 1 à 12 atomes de carbone et Z est un radical électro-attracteur.

Selon ce mode de réalisation, le composé vinyl ou vinylidène est un ester d'un acide carboxylique insaturé.

25 Selon ce mode de réalisation, la polyoléfine est cristalline.

Selon un mode de réalisation, le second monomère est polaire.

Selon un mode de réalisation, le procédé est pour la préparation d'un copolymère PO/PMMA ou PO/PL.

30 Selon ce mode de réalisation, le bloc PO est un bloc iPO.

Selon un mode de réalisation, le copolymère blocs comprend un bloc du premier monomère qui est une première alpha-oléfine et un bloc du second monomère qui est une  
35 seconde alpha-oléfine.

Selon une variante de ce mode de réalisation, la première polyoléfine est cristalline et la seconde polyoléfine est cristalline.

5 Selon cette variante, le copolymère est un copolymère PP/PE.

Selon une autre variante de ce mode de réalisation, la première polyoléfine est cristalline et la seconde polyoléfine est amorphe.

10 Selon cette variante, le copolymère est un copolymère PP/EP.

Selon un mode de réalisation, le bloc PP est un bloc iPP.

15 L'invention fournit aussi un copolymère comprenant un premier bloc d'une polyoléfine cristalline et un second bloc d'une polyoléfine amorphe, à l'exclusion de copolymère PP/EP présentant une masse moléculaire  $M_n$  inférieure ou égale à 16000 et un indice de polydispersité compris entre 3 et 3,3.

20 Selon un mode de réalisation, le copolymère est un copolymère PP/EP, notamment dans lequel le bloc PP est un bloc iPP.

L'invention fournit aussi un copolymère comprenant un premier bloc d'une polyoléfine cristalline et un second bloc d'une polyoléfine cristalline.

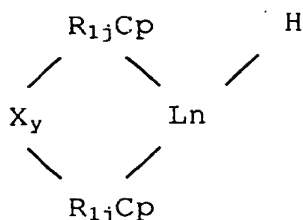
25 L'invention fournit aussi un copolymère comprenant un premier bloc d'une polyoléfine amorphe et un second bloc d'une polyoléfine amorphe.

Selon un mode de réalisation, les blocs sont des homopolymères ou des copolymères statistiques.

30 L'invention est maintenant décrite plus en détails dans la description qui suit.

#### Catalyseur.

35 Le catalyseur est un organolanthanide sous la forme d'un complexe hydrure d'un métal trivalent du groupe des terres rares (ponté); avantageusement il présente la formule I:



5

dans laquelle:

- Cp est un radical cyclopentadiényle, substitué de préférence en position 2 et 4;
- 10 chaque  $R_1$ , identique ou différent, est un substituant du groupe cyclopentadiényle et est un radical alkyl ou un radical hydrocarboné contenant du silicium, contenant de 1 à 20 atomes de carbone, notamment de 1 à 6 atomes de carbone, éventuellement formant avec le
- 15 cycle Cp auquel il est lié un cycle indényle ou fluorényle, chaque  $R_1$  pouvant éventuellement être substitué par exemple par jusqu'à 3 halogènes;
- chaque  $j$ , identique ou différent, est un entier de 1 à 5 inclus, notamment  $j$  vaut 1, 2 ou 3;
- 20 en particulier  $R_{1j}Cp$  est le groupe 2-Me<sub>3</sub>Si,4-Me<sub>2</sub>tBuSiCp, ou le groupe 2-Me<sub>3</sub>Si,4-tBuCp;
- X est un radical divalent alkylène ou un radical divalent hydrocarboné contenant du silicium, contenant de 1 à 20 atomes de carbone, contenant éventuellement
- 25 d'autres hétéroatomes tels que de l'oxygène, notamment de formule Si(R)<sub>2</sub> où R est un radical alkyl ayant de 1 à 4 atomes de carbone, en particulier SiMe<sub>2</sub>;
- $y$  vaut 1 ou 2, de préférence 1;
- Ln est un métal trivalent du groupe des terres rares choisi parmi Y, Sc, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb et Lu, en particulier Y et Sm.
- 30 Des exemples de catalyseurs sont Me<sub>2</sub>Si(2-Me<sub>3</sub>Si,4-Me<sub>2</sub>tBuSiCp)<sub>2</sub>YH et Me<sub>2</sub>Si(2-Me<sub>3</sub>Si,4-tBuCp)<sub>2</sub>SmH.
- En fait, le catalyseur peut présenter des ligands qui
- 35 sont similaires à ceux rencontrés pour les catalyseurs dits "groupe IV" ou métallocène ou Kaminsky. Une géométrie contrainte peut aussi être envisagée, ainsi que d'autres

ligands que ceux décrits ci-dessus en relation avec le formule I.

Selon une variante, le catalyseur est sous une forme racémique. Cette forme permet l'obtention de polymères isotactiques.

Les catalyseurs sous forme hydrure selon l'invention sont préparés par exemple par hydrogénation à partir du précurseur alkyl, par exemple par application d'hydrogène moléculaire. Les précurseurs alkyl sont décrits par exemple dans le document EP-A-0634429 au nom de Mitsui. Cette opération peut être réalisée par mise en solution du produit alkyl de départ dans un solvant (hydrocarbure aliphatique ou aromatique) ou mise en suspension dans un hydrocarbure non solvatant (hydrocarbure aliphatique ou aromatique), puis contact avec de l'hydrogène moléculaire.

Procédé de polymérisation

La polymérisation est notamment très efficace avec le catalyseur formé in-situ en présence du monomère. La preuve de cette efficacité est l'exothermicité du mélange réactionnel dès l'introduction de l'hydrogène, mettant ainsi en évidence que la réaction de polymérisation est initiée immédiatement. Ainsi, chaque précurseur alkyl conduit à une espèce hydrure potentiellement polymérisante, et qui conduit effectivement à une polymérisation. Dans le cas de la préparation de copolymères, cette formation in-situ en présence du monomère n'est pas requise; elle est cependant préférée.

Le procédé peut être mis en œuvre avec ou sans solvant. Dans le cas sans solvant, c'est le monomère liquide lui-même qui joue ce rôle. Dans le cas avec solvant, le monomère (en solution ou en suspension) peut être sous forme gazeuse, liquide ou solide.

Le milieu de polymérisation peut donc être un milieu solvant, masse ou gazeux.

Le solvant, lorsqu'il est utilisé, peut être un hydrocarbure aliphatique ou aromatique, tel que du toluène.

La température de réaction est comprise en général entre  $-78^{\circ}\text{C}$  et  $150^{\circ}\text{C}$ , de préférence de 0 à  $100^{\circ}\text{C}$ .

La pression de réaction est comprise en général entre la pression normale et 200 bar, de préférence entre 1 et 20  
5 bar.

La durée de la réaction est comprise en général entre quelques secondes et quelques heures.

Le monomère (ou mélange de monomères) peut être ajouté en une fois ou progressivement de façon contrôlée.

10 Les conditions ci-dessus s'appliquent aux étapes de polymérisation tant dans le cas d'homopolymères que de copolymères, voire de terpolymères (ou plus si nécessaire).

Dans le cas de préparation de copolymères, le second monomère est ajouté par exemple directement au mélange  
15 réactionnel de la première étape. Si un solvant a été utilisé au cours de cette étape, celui-ci peut être soit conservé, soit éliminé par les techniques usuelles en prenant soin de ne pas dégrader l'espèce vivante portant la chaîne polyoléfinique de la première étape, et  
20 éventuellement remplacé par un autre solvant.

Le présent procédé de polymérisation est efficace, en ce que:

- il permet de générer des poly alpha-oléfines de masse contrôlée, en limitant les réactions de  
25 transfert

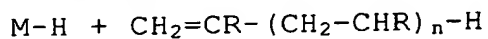
- l'espèce poly alpha-oléfine est vivante et peut polymériser dans une deuxième étape un autre monomère (oléfinique, vinylique, etc.), pour conduire au copolymère bloc correspondant.

30 Le schéma réactionnel est le suivant. (M-H signifiant le catalyseur organolanthanide sous forme hydrure).

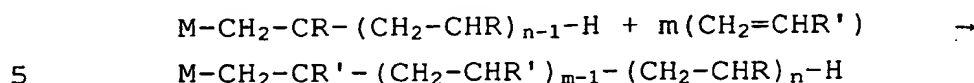
Réaction 1 (génération d'une polyoléfine (vivante))



On évite ainsi au maximum la réaction de transfert qui  
35 produit l'espèce polymère finale suivante:



Réaction 2 (ajout à la polyoléfine en croissance vivante du second monomère pour conduire au copolymère bloc, avec limitation de la réaction de transfert)



On contrôlera avantageusement la température du mélange réactionnel. Pour ce faire, on pourra alimenter le réacteur en continu avec le monomère; ceci permettra notamment de limiter l'exothermicité initiale.

Dans le cas où on souhaite obtenir des copolymères, on mettra en œuvre la première étape dans des conditions similaires à celles pour les homopolymères, puis le second monomère sera ajouté au mélange réactionnel contenant encore une espèce vivante.

Les (co)polymères ainsi obtenus sont séparés par des techniques classiques.

#### Polymères préparés dans l'invention.

Les polymères préparés selon l'invention peuvent être des homopolymères ou copolymères statistiques (les deux ou plus monomères étant présents simultanément dans le mélange réactionnel) ou être des copolymères blocs, voire des terpolymères ou plus si nécessaire.

L'homopolymère ou un bloc du copolymère peut être isotactique, notamment lorsque le catalyseur est sous une forme racémique (et que le monomère est prochiral).

Des exemples d'homopolymères sont les poly alpha-oléfines, l'oléfine comprenant par exemple de 3 à 20 atomes de carbone. Des exemples d'oléfine sont propylène, 1-butène, 1-hexène, 1-heptène, 1-octène, 1-décène, etc.

Des exemples de copolymères statistiques sont les copolymères des oléfines précédentes, ou des copolymères à base d'éthylène.

Des exemples de copolymères blocs sont des copolymères comprenant un bloc du premier monomère qui est une alpha-oléfine et un bloc du second monomère qui est un composé vinyl, vinylidène ou lactone.

Des exemples de composés vinyl ou vinylidène sont représentés par la formule  $H_2C=CR'Z$ , dans laquelle  $R'$  est l'hydrogène ou un radical alkyle ayant de 1 à 12 atomes de carbone et  $Z$  est un radical électro-attracteur.

5 Des exemples de tels groupes sont les esters d'un acide carboxylique insaturé, notamment d'acide (méth)acrylique. On peut citer le méthyl acrylate, l'ethyl acrylate, le propyl acrylate, le n-butyl acrylate, le phenyl acrylate, le méthyl methacrylate, l'éthyle  
10 methacrylate, le propyl methacrylate, le n-butyle methacrylate, le phenyle methacrylate.

Des exemples de lactone comprennent les ester cycliques possédant de 3 à 10 atomes de carbone, et de préférence sont la propyllactone, la valerolactone, la  
15 caprolactone.

Le bloc polyoléfine (PO) peut être cristallin, tandis que le bloc du second monomère peut être polaire.

Des exemples spécifiques de tels copolymères sont le copolymère PO/PMMA, en particulier iPO/PMMA, ainsi que  
20 copolymère PO/PL (polylactone), en particulier iPO/PL.

Des exemples de copolymères blocs sont des copolymères comprenant un bloc du premier monomère qui est une première alpha-oléfine et un bloc du second monomère qui est une seconde alpha-oléfine.

25 De tels exemples de copolymères comprennent notamment ceux dont la première polyoléfine est cristalline et la seconde polyoléfine est cristalline, en particulier un copolymère PP/PE.

De tels exemples de copolymères comprennent notamment  
30 ceux dont la première polyoléfine est cristalline et la seconde polyoléfine est amorphe, en particulier un copolymère PP/EP.

Le bloc PP ci-dessus est par exemple un bloc iPP.

L'invention offre aussi des copolymères qui sont des  
35 copolymères blocs "vrais", à la différence des copolymères de l'art antérieur qui fournit des copolymères qui sont des mélanges.

Le poids moléculaire des homo- ou co-polymères peut varier dans une large mesure, entre 500 et  $10^8$ , de préférence entre 5000 et  $10^6$ . Le ratio, dans un copolymère, entre les monomères A et B, peut aussi varier dans une très large mesure, de 99/1 à 1/99.

L'invention fournit donc aussi des copolymères tels que décrits comme ci-dessus.

Notamment, l'invention fournit des copolymères bloc du type PP/EP (PO cristalline/PO amorphe), à l'exclusion de ceux décrits dans la publication de Yamahiro et al, Macromol. Chem. Phys, 200, 134-141 (1999), à savoir notamment ceux dont le poids moléculaire  $M_n$  est inférieur ou égal à 16000 et l'indice de polydispersité est compris entre 3.0 et 3.3. L'invention fournit donc en particulier des copolymères blocs du type PP/EP de poids moléculaire supérieur à 16000, en particulier supérieur à 20000, notamment supérieur à 50000, ainsi que des copolymères du type PP/EP dont l'indice de polydispersité est inférieur à 3, en particulier inférieur à 2,5, notamment inférieur à 2.

Les exemples suivants illustrent l'invention sans la limiter.

Préparation du complexe 1:  $\text{Me}_2\text{Si}(2\text{-Me}_3\text{Si}, 4\text{-tBu C}_5\text{H}_2)_2\text{Sm}(\text{THF})_2$

A une solution de  $\text{Me}_2\text{Si}(2\text{-Me}_3\text{Si}, 4\text{-tBu C}_5\text{H}_3)_2$  (3.01 g, 6.77 mmole) dans 60 ml de THF est ajouté 8.2ml d'une solution 1.66 M dans l'hexane, soit 13.5 mmole, de nBuLi à 0°C. Après réaction du mélange agité 6 h à température ambiante, on ajoute 20 ml d'une solution 0.68 M dans le THF, 13,6 mmole, de tBuOK. Le mélange est mis au reflux pendant 12 h et la solution est évaporée à sec. Le produit est lavé avec deux fois 30 ml d'hexane, conduisant au disel de potassium de  $\text{Me}_2\text{Si}(2\text{-Me}_3\text{Si}, 4\text{-tBu C}_5\text{H}_3)_2$  sous la forme d'une poudre blanche (rendement= 70%). A 40 ml de THF, sont ajoutés en même temps à - 80°C, une suspension de 5,64 g (10,8 mmole) du disel de potassium de  $\text{Me}_2\text{Si}(2\text{-Me}_3\text{Si}, 4\text{-tBu C}_5\text{H}_3)_2$  dans 80 ml de THF et 10 mmole de  $\text{SmI}_2$  dans 80 ml de THF. Ensuite le mélange réactionnel est porté au reflux



pendant 12 h puis la solution est évaporée à sec. On ajoute 50 ml de toluène au résidu et le solide obtenu est séparé par centrifugation. Après élimination du solvant sous vide, le résidu est extrait par deux fois 15 ml de THF. La  
 5 recristallisation d'un mélange THF/hexane conduit à 1 sous la forme d'un solide violet (rendement = 35%)

Préparation du complexe B :  $\text{Me}_2\text{Si}(2\text{-Me}_3\text{Si}, 4\text{-Me}_2, \text{tBuSiC}_5\text{H}_2)_2\text{YCH}(\text{SiMe}_3)_2$

A une solution de  $\text{Me}_2\text{Si}(2\text{-Me}_3\text{Si}, 4\text{-Me}_2, \text{tBuSiC}_5\text{H}_2)_2\text{YCl}_2\text{Li}(\text{THF})_2$  (2 g, 2.3 mmole) dans 60 ml de toluène  
 10 est ajouté 4,5ml d'une solution 0.79 M dans Et<sub>2</sub>O, soit 3.5 mmole, de  $(\text{Me}_3\text{Si})_2\text{CHLi}$  à 0°C. Le mélange est agité pendant 13 heures de 0°C à température ambiante, ensuite le solvant est évaporé sous vide. On ajoute 80 ml d'hexane au  
 15 résidu et la suspension est agitée pendant 24 heures. Le solide insoluble est récupéré par centrifugation et est recristallisé de l'hexane pour conduire à B- rendement = 36%.

Préparation du complexe C :  $\text{Me}_2\text{Si}(2\text{-Me}_3\text{Si}, 4\text{-tBuSiC}_5\text{H}_2)_2\text{SmCH}(\text{SiMe}_3)_2$

A une solution de  $\text{Me}_2\text{Si}(2\text{-Me}_3\text{Si}, 4\text{-tBuSiC}_5\text{H}_2)_2\text{SmCl}_2\text{Li}(\text{THF})_2$  (2.3 mmole) dans 60 ml de toluène est  
 20 ajouté 4,5ml d'une solution 0.79 M dans Et<sub>2</sub>O, soit 3.5 mmole, de  $(\text{Me}_3\text{Si})_2\text{CHLi}$  à 0°C. Le mélange est agité pendant 13 heures de 0°C à température ambiante, ensuite le solvant  
 25 est évaporé sous vide. On ajoute 80 ml d'hexane au résidu et la suspension est agitée pendant 24 heures. Le solide insoluble est récupéré par centrifugation et est recristallisé de l'hexane pour conduire à C - rendement =  
 30 28%.

#### Exemple 1:

Dans un tube de Schlenk (préalablement séché à 100 °C pendant 2 h) connecté à une ligne d'argon, muni d'un septum pour introduire les réactifs, et d'une agitation magnétique  
 35 est introduit 20 ml de toluène distillé à l'aide d'une seringue. Le toluène est dégazé puis saturé en argon. Le catalyseur 1 (7.4 mg- 0.01 mmole) est introduit et

l'agitation est maintenue jusqu'à dissolution complète de celui-ci. On introduit alors 2 ml de 1-pentène par le septum à l'aide d'une seringue. La polymérisation est poursuivie pendant 12 heures à température ambiante sous agitation. Pour neutraliser le catalyseur en fin de réaction, on injecte 10 ml de méthanol. Le polymère précipité est alors isolé par centrifugation, lavé par 2 fois 10 ml de méthanol et séché pendant 3 heures sous vide. L'activité catalytique est de 161 g polymère/mol de catalyseur/h, Le polymère possède les caractéristiques suivantes :  $M_n=10600$ . L'enchaînement du monomère est isotactique ( $mm > 95\%$ )

Exemple 2:

On procède comme dans l'exemple 1 sauf que l'on substitue le 1-pentène par 2 ml de 1-hexène. L'activité catalytique est de 138 g polymère/mol de catalyseur/h, le polymère possède les caractéristiques suivantes :  $M_n=24600$ . L'enchaînement du monomère est isotactique ( $mm > 95\%$ )

Exemple 3:

Dans un tube de Schlenk (préalablement séché à 100 °C pendant 2 h) connecté à une ligne d'argon, muni d'un septum pour introduire les réactifs, et d'une agitation magnétique est introduit 20 ml de toluène distillé à l'aide d'une seringue. Le toluène est dégazé puis saturé en argon. Le catalyseur B (8 mg- 0.01 mmole) est introduit et l'agitation est maintenue jusqu'à dissolution complète de celui-ci. On introduit alors 2 ml de 1-pentène par le septum à l'aide d'une seringue. La polymérisation est poursuivie pendant 12 heures à température ambiante sous agitation. Pour neutraliser le catalyseur en fin de réaction, on injecte 10 ml de méthanol. Il n'y pas de précipitation de polymère. Après évaporation du solvant, on recueille des traces d'oligomères de basses masses non isolables. L'activité catalytique est très faible et estimée inférieure à 10 g polymère/mol de catalyseur/h.

Exemple 4:

Dans un tube de Schlenk (préalablement séché à 100 °C pendant 2 h) connecté à une ligne d'argon, muni d'un septum pour introduire les réactifs, et d'une agitation magnétique est introduit 20 ml de toluène distillé à l'aide d'une  
5 seringue. Le toluène est dégazé puis saturé en argon. Le précurseur B (4 mg) est introduit et la solution est agitée à température ambiante jusqu'à dissolution complète de celui-ci. La solution catalytique est dégazée trois fois, puis on introduit une pression de 1 bar d'hydrogène.  
10 L'hydrogénation est effectuée pendant 30 min à température ambiante. La solution passe de l'incolore au jaune vif. L'hydrogène est ensuite chassé par un flux d'argon (5min). Le milieu réactionnel est refroidi à 0°C. On introduit alors 2 g de 1-pentène par le septum à l'aide d'une  
15 seringue. La polymérisation est poursuivie pendant 18 heures à 0°C. Pour neutraliser le catalyseur en fin de réaction, on injecte 10 ml de méthanol. Le polymère précipité est alors isolé par centrifugation, lavé par 10 ml de méthanol et séché pendant 3 heures sous vide. On  
20 recueille 1.54 g de polymère soit une conversion de 77% et une activité de 21 g polymère/g de catalyseur/h, possédant les caractéristiques suivantes :  $M_n=28600$ . L'enchaînement du monomère est isotactique ( $mm > 95\%$ ).

#### Exemple 5:

25 On procède comme dans l'exemple 4 en substituant le 1-pentène par 2 g de 1-hexène. La polymérisation est poursuivie pendant 12 heures à 0°C. On recueille 1.88 g de polymère soit une conversion de 94% et une activité de 39,2 g polymère/mol de catalyseur/h, possédant les  
30 caractéristiques suivantes :  $M_n=53000$ . L'enchaînement du monomère est isotactique ( $mm > 95\%$ )

#### Exemple 6:

On procède comme dans l'exemple 5 en réalisant la polymérisation à 20 °C plutôt qu'à 0°C. On recueille 1.98  
35 g de polymère soit une conversion de 99% et une activité de 41 g polymère/mol de catalyseur/h, possédant les

caractéristiques suivantes :  $M_n=12900$ . L'enchaînement du monomère est isotactique ( $mm > 95\%$ )

Exemple 7:

Dans un tube de Schlenk (préalablement séché à  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  pendant 2 h) connecté à une ligne d'argon, muni d'un septum pour introduire les réactifs, et d'une agitation magnétique est introduit 20 ml de toluène distillé à l'aide d'une seringue. Le toluène est dégazé puis saturé en argon. Le précurseur B (40 mg) est introduit et la solution est agitée à température ambiante jusqu'à dissolution complète de celui-ci. La solution catalytique est dégazée trois fois, puis on introduit une pression de 1 bar d'hydrogène. L'hydrogénation est effectuée pendant 30 min à température ambiante. La solution passe de l'incolore au jaune vif. L'hydrogène est ensuite chassé par un flux d'argon (5min). On introduit alors 2 ml de 1-pentène par le septum à l'aide d'une seringue. La polymérisation est poursuivie pendant 2 heures à  $20^{\circ}\text{C}$ . On introduit ensuite 2 ml de méthylmethacrylate par le septum. La solution change d'aspect pour devenir opaque. La copolymérisation est ensuite poursuivie pendant 2 heures. Pour neutraliser le catalyseur en fin de réaction, on injecte 10 ml de méthanol. Le polymère précipité est alors isolé par centrifugation et séché pendant 3 heures sous vide. Le polymère présente alors un aspect blanc gluant (présence de polyoléfine caractérisé par une GPC bimodale possédant deux pics maximum de masse environ 3000 et 60000). Le mélange de polymères est ensuite lavé par 2 fois 10 ml d'hexane (agitation dans de l'hexane pendant 2 heures) ce qui permet d'éliminer l'homopolymère oléfinique puis par 10 ml de méthanol. On recueille 0.21 g de polymère soit une activité de 5.2 g polymère/g catalyseur, possédant les caractéristiques suivantes : taux de 1-pentène = 20 % en poids, taux de MMA = 80 % en poids,  $M_n= 45400$ . Le bloc poly(1-pentène) est isotactique ( $mm > 95\%$ )

Exemple 8:

On procède comme dans l'exemple 7, en substituant le précurseur B par 40 mg du précurseur C, en substituant le 1-pentène par 2 ml de 1-hexène, et le MMA par 2 ml de caprolactone. Le polymère possède les caractéristiques  
 5 suivantes : taux d' 1-hexène = 12 % en poids , taux de caprolactone = 88 % en poids, Mn= 32000. Le bloc poly(1-hexène) est isotactique (mm > 95%)

Exemple 9:

Dans un tube de Schlenk (préalablement séché à 100 °C pendant 2 h) connecté à une ligne d'argon, muni d'un septum pour introduire les réactifs, et d'une agitation magnétique est introduit le précurseur B (100 mg). On introduit 3 ml de 1-hexène par le septum à l'aide d'une seringue, le milieu est t dégazé trois fois et maintenu sous vide. Puis on  
 15 introduit une pression de 1 bar d'hydrogène. La polymérisation démarre immédiatement, caractérisée par une exothermie. Le milieu réactionnel devient très visqueux, la réaction est poursuivie pendant 3 minutes à 20°C. On introduit ensuite 2 ml de caprolactone par le septum. La  
 20 polymérisation est ensuite poursuivie pendant 1 heure. Pour neutraliser le catalyseur en fin de réaction, on injecte 10 ml de méthanol. Le polymère précipité est alors isolé par centrifugation, lavé au méthanol et séché pendant 3 heures sous vide. Le polymère se présente sous forme  
 25 d'une poudre sèche et non collante. On recueille 0.45 g de polymère soit une activité de 4.5 g polymère/g de catalyseur, possédant les caractéristiques suivantes : taux de 1-hexène = 4.5 % en poids, taux de caprolactone = 95.5 % en poids, Mn= 23100. Le bloc poly(1-hexène) est  
 30 isotactique (mm > 95%)

Exemple 10:

On procède comme dans l'exemple 9, en substituant le 1-hexène par 3 ml de 1-pentène, et la caprolactone par 3 ml de MMA. On recueille 0.56 g de polymère soit une activité  
 35 de 5.6 g polymère/g catalyseur, possédant les caractéristiques suivantes : taux de 1-pentène = 13.5 %

en poids, taux de caprolactone = 86.5 % en poids,  $M_n$  = 54700. Le bloc poly(1-pentène) est isotactique ( $mm > 95\%$ ).

Exemple 11:

On procède comme dans l'exemple 9, en substituant le catalyseur B par 100 mg du catalyseur C. On recueille 0.52 g de polymère soit une activité de 5.2 g polymère/g de catalyseur, possédant les caractéristiques suivantes : taux de 1-hexène = 50% en poids, taux de caprolactone = 50% en poids,  $M_n$  = 6800. Le bloc poly(1-hexène) est isotactique ( $mm > 95\%$ )

Exemple 12:

On procède comme dans l'exemple 9, en substituant le catalyseur B par 100 mg du catalyseur C et la caprolactone par 2 ml de MMA. On recueille 0.25 g de polymère soit une activité de 2.5g polymère/g catalyseur, possédant les caractéristiques suivantes : taux de 1-hexène = 52% en poids, taux de MMA = 48% en poids,  $M_n$  = 12000. Le bloc poly(1-hexène) est isotactique ( $mm > 95\%$ )

Exemple 13:

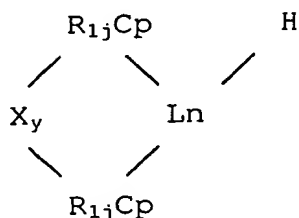
On procède comme dans l'exemple 10, en substituant le catalyseur B par 100 mg du catalyseur C. On recueille 0.41 g de polymère soit une activité de 4.1 g polymère/g catalyseur, possédant les caractéristiques suivantes : taux de 1-pentène = 91% en poids, taux de MMA = 9% en poids,  $M_n$  = 6200. Le bloc poly(1-pentène) est isotactique ( $mm > 95\%$ ).

L'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits mais est susceptible de nombreuses variations aisément accessibles à l'homme du métier.

30.

# REVENDEICATIONS

1. Procédé de préparation de copolymères blocs comprenant les étapes de polymérisation d'un premier monomère à l'aide d'un catalyseur organolanthanide dans lequel ledit catalyseur est sous la forme d'un complexe hydrure d'un métal trivalent du groupe des terres rares, puis polymérisation d'au moins un second monomère.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le complexe hydrure d'un métal trivalent du groupe des terres rares présente la formule I:



dans laquelle:

Cp est un radical cyclopentadiényle;

chaque  $R_1$ , identique ou différent, est un substituant du groupe cyclopentadiényle et est un radical alkyl ou un radical hydrocarboné contenant du silicium, contenant de 1 à 20 atomes de carbone, éventuellement formant avec le cycle Cp auquel il est lié un cycle indényle ou fluorényle, chaque  $R_1$  pouvant éventuellement être substitué;

chaque  $j$ , identique ou différent, est un entier de 1 à 5 inclus;

X est un radical divalent alkylène ou un radical divalent hydrocarboné contenant du silicium, contenant de 1 à 20 atomes de carbone, contenant éventuellement d'autres hétéroatomes tels que de l'oxygène;

y vaut 1 ou 2;

Ln est un métal trivalent du groupe des terres rares choisi parmi Y, Sc, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb et Lu.

- 5 3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel dans la formule I, X est  $\text{Si}(\text{R})_2$  où R est un radical alkyl ayant de 1 à 4 atomes de carbone.
- 10 4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, dans lequel dans la formule I,  $\text{R}_1$  est un radical alkyl ou un radical hydrocarboné contenant du silicium, contenant de 1 à 6 atomes de carbone, non substitué, et j vaut 1, 2 ou 3.
- 15 5. Procédé selon l'une des revendications 2 à 4, dans lequel dans la formule I,  $\text{R}_1\text{Cp}$  est le groupe 2-Me<sub>3</sub>Si,4-Me<sub>2</sub>tBuSiCp, ou le groupe 2-Me<sub>3</sub>Si,4-tBuCp.
- 20 6. Procédé selon l'une des revendications 2 à 5, dans lequel dans la formule I, Ln est Y ou Sm.
7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel le catalyseur est  $\text{Me}_2\text{Si}(\text{2-Me}_3\text{Si,4-Me}_2\text{tBuSiCp})_2\text{YH}$  ou  $\text{Me}_2\text{Si}(\text{2-Me}_3\text{Si,4-tBuCp})_2\text{SmH}$ .
- 25 8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel le catalyseur est racémique.
9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel le catalyseur est généré in situ en présence d'au moins une partie du premier monomère.
- 30 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel les blocs sont des homopolymères ou des copolymères statistiques.
- 35 11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, dans lequel le copolymère blocs comprend un bloc du premier



monomère qui est une alpha-oléfine et un bloc du second monomère qui est un composé vinyl, vinylidène ou lactone.

12. Procédé selon la revendication 11, dans lequel le  
5 composé vinyl ou vinylidène est représenté par la formule  
 $H_2C=CR'Z$

dans laquelle R' est l'hydrogène ou un radical alkyle ayant de 1 à 12 atomes de carbone et Z est un radical électro-attracteur.

10

13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel le composé vinyl ou vinylidène est un ester d'un acide carboxylique insaturé.

15

14. Procédé selon l'une des revendications 11 à 13, dans lequel la polyoléfine est cristalline.

15. Procédé selon l'une des revendications 1 à 14, dans lequel le second monomère est polaire.

20

16. Procédé selon l'une des revendications 1 à 15, pour la préparation d'un copolymère PO/PMMA ou PO/PL.

25

17. Procédé selon la revendication 16, dans lequel le bloc PO est un bloc iPO.

30

18. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, dans lequel le copolymère blocs comprend un bloc du premier monomère qui est une première alpha-oléfine et un bloc du second monomère qui est une seconde alpha-oléfine.

35

19. Procédé selon la revendication 18, dans lequel la première polyoléfine est cristalline et la seconde polyoléfine est cristalline.

20. Procédé selon la revendication 19, pour la préparation d'un copolymère PP/PE.

21. Procédé selon la revendication 18, dans lequel la première polyoléfine est cristalline et la seconde polyoléfine est amorphe.

5

22. Procédé selon la revendication 21, pour la préparation d'un copolymère PP/EP.

10 23. Procédé selon la revendication 20 ou 22, dans lequel le bloc PP est un bloc iPP.

15 24. Copolymère comprenant un premier bloc d'une polyoléfine cristalline et un second bloc d'une polyoléfine amorphe, à l'exclusion de copolymère PP/EP présentant une masse moléculaire  $M_n$  inférieure ou égale à 16000 et un indice de polydispersité compris entre 3 et 3,3.

20 25. Copolymère comprenant un premier bloc d'une polyoléfine cristalline et un second bloc d'une polyoléfine cristalline.

26. Copolymère comprenant un premier bloc d'une polyoléfine amorphe et un second bloc d'une polyoléfine amorphe.

25 27. Copolymère selon l'une des revendications 24, 25 ou 26, dans lequel les blocs sont des homopolymères ou des copolymères statistiques.

30 28. Copolymère selon la revendication 24, qui est un copolymère PP/EP.

29. Copolymère selon la revendication 28, dans lequel le bloc PP est un bloc iPP.

**ORIGINAL**

*Handwritten:* Pou ART  
94-0904